

## BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

EU

**PRIORITY  
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

REC'D	27 JAN 1999
WIPO	PCT

**Bescheinigung**

Die Siemens Aktiengesellschaft in München/Deutschland hat  
eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Anordnung zur Vorhersage einer Abnormalität  
eines Systems und zur Durchführung einer der  
Abnormalität entgegenwirkenden Aktion"

am 7. November 1997 beim Deutschen Patent- und Markenamt ein-  
gereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wieder-  
gabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig  
das Symbol G 05 B 13/02 der Internationalen Patentklassifika-  
tion erhalten.

München, den 26. November 1998  
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Brand

Aktenzeichen: 197 49 373.4

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Beschreibung

**Anordnung zur Vorhersage einer Abnormalität eines Systems und zur Durchführung einer der Abnormalität entgegenwirkenden Aktion**

5 **Aktion**

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Vorhersage einer Abnormalität eines Systems und zur Durchführung einer der Abnormalität entgegenwirkenden Aktion.

10

Die Bestimmung eines Informationsflusses eines Systems ist aus [1] und/oder [2] bekannt.

Der Informationsfluß kennzeichnet einen Verlust von Information in einem dynamischen System und beschreibt 15 abklingende statistische Abhängigkeiten zwischen der gesamten Vergangenheit und einem Zeitpunkt, der  $p$  Schritte in der Zukunft liegt, als eine Funktion von  $p$ . Der Nutzen des Informationsflusses besteht u.a. darin, daß ein dynamisches Verhalten eines komplexen Systems klassifiziert werden kann, 20 was dazu führt, daß ein geeignetes parametrisiertes Modell gefunden wird, das eine Modellierung von Daten des komplexen dynamischen Systems ermöglicht.

Ein neuronales Netz und das Training eines neuronalen Netzes sind bekannt aus [3].

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Anordnung anzugeben, die zum einen eine Vorhersage einer Abnormalität eines Systems ermöglicht und eine der Abnormalität 30 entgegenwirkende Aktion durchführt.

Diese Aufgabe wird gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

35 Erfindungsgemäß angegeben wird eine Anordnung zur Vorhersage einer Abnormalität eines Systems und zur Durchführung einer der Abnormalität entgegenwirkenden Aktion. Darin ist ein

Meßdatenaufnehmer vorgesehen, der Meßdaten des Systems ermittelt. Eine Prozessoreinheit ist derart eingerichtet, daß folgende Schritte durchgeführt werden:

- (1) Anhand der Meßdaten wird ein neuronales Netz trainiert;
- (2) der Informationsfluß des Systems wird verwendet, um eine Vorhersage über zu erwartende Meßdaten zu treffen;
- (3) falls die Vorhersage anzeigt, daß die Abnormalität des Systems zu erwarten ist, wird die Aktion durchgeführt;

Abhängig von einer jeweiligen Anwendung ist dabei ein Aktor vorgesehen, der die Aktion ausführt.

15

Ziel der Erfindung ist eine systematische Annäherung an das allgemeine Problem und eine daraus abgeleitete Lösung dieses allgemeinen Problems der Bestimmung einer Größe (nachfolgend Vorhersagegröße genannt), die sich zur Vorhersage dynamischer Ereignisse eines Systems eignet. Die Früherkennung eines Musters, das einen Angriff auf ein "normales" Verhalten des Systems darstellt, ist von großer Bedeutung, wie u.a. nachfolgende Anwendungsbeispiele belegen.

25 Die angewandte Strategie unterteilt sich in *drei* Schritte:

1. Es werden die dynamisch kennzeichnenden Merkmale des Systems extrahiert und adaptiv gelernt (trainiert). In dieser dynamischen Lernphase sollte die Maßnahme, um die Dynamik des Systems zu erlernen, ausreichend allgemein sein, um stationärem gleichwie nichtstationärem Verhalten zu entsprechen. Die dynamische Lernphase wird auch dazu benutzt, um einen Normalzustand des Systems abzugrenzen gegen einen abnormalen Zustand (Abnormalität).

35

2. Es wird mindestens eine Variable (Vorhersagegröße) bestimmt, mit der es gelingt, die Abnormalität zu beschreiben.
- 5 3. Sobald ein Eintreten der Abnormalität angezeigt wird, wird die Information der bevorstehenden Abnormalität benutzt, um über einen Aktor, dessen Zweck es ist, das dynamische System wieder in den Normalzustand zu versetzen, der bevorstehenden Abnormalität entgegenzuwirken. Dabei ist zu berücksichtigen, daß der Normalzustand im Laufe der Zeit eine natürlichen Veränderung unterliegt, der durch Adaption, also fortgesetztes Trainieren des neuronalen Netzes, auch nach 10 der Lernphase, Rechnung getragen wird.

15

Eine Weiterbildung besteht darin, daß die Schritte (2) und (3) der Prozessoreinheit eine Endlosschleife bilden.

- 20 Eine andere Weiterbildung der Erfindung besteht darin, daß die vorgegebene Abnormalität ein Informationsfluß mit einer Dynamik unterhalb einer vorgegebenen Schranke ist. In diesem Fall kann die Aktion darin bestehen, dem System ein Rauschen zuzuführen. Es ist möglich, das Rauschen anhand eines entsprechenden elektrischen Feldes oder eines entsprechenden magnetischen Feldes zuzuführen. Dabei können sowohl das elektrische Feld als auch das magnetische Feld anhand mindestens einer Elektrode dem System zugeleitet werden.
- 30 Eine zusätzliche Weiterbildung besteht darin, daß die vorgegebene Abnormalität einen Informationsfluß von einer Dynamik oberhalb einer vorgegebenen Schranke ist. Darauf kann derart reagiert werden, daß das System mit einem regelmäßigen Signal angeregt wird. Dies kann anhand eines elektrischen 35 oder eines magnetischen Feldes erfolgen. Das elektrische Feld und/oder das magnetische Feld können jeweils anhand mindestens einer Elektrode dem System zugeleitet werden.

Ferner ist es im Rahmen einer anderen Weiterbildung möglich, ein elektrisches und ein magnetisches Feld in Kombination einzusetzen, um der Abnormalität entgegenzuwirken.

5

Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich auch aus den abhängigen Ansprüchen.

Anhand der folgenden Figuren werden Ausführungsbeispiele der 10 Erfindung näher dargestellt.

Es zeigen

Fig.1 eine Anordnung zur Vorhersage einer Abnormalität 15 eines Systems und zur Durchführung einer der Abnormalität entgegenwirkenden Aktion;

Fig.2 einen Aktor AKT2 als aktive Komponente bestehend aus einem Rechner R, einem Interface IF, einem 20 Energiespeicher BT und zwei Elektroden EL1 und EL2,

Fig.3 Schritte eines Verfahrens zur Durchführung auf einer Prozessoreinheit

25 In Fig.1 ist eine Anordnung zur Vorhersage einer Abnormalität eines Systems und zur Durchführung eines der Abnormalität entgegenwirkenden Aktion dargestellt.

Der Meßdatenaufnehmer MDA zeichnet Meßdaten eines Systems S 30 auf. Vorzugsweise ist der Meßdatenaufnehmer MDA dazu innerhalb des Systems S angeordnet, um vor Ort, die Meßdaten aufzunehmen. Die Meßdaten werden an eine Prozessoreinheit PRE geleitet und dort verarbeitet. Vorzugsweise umfaßt die Prozessoreinheit PRE ein neuronales Netz NN, das nach einem 35 Training weitere von dem Meßdatenaufnehmer MDA aufgezeichnete Meßdaten geeignet auswertet. Bestehen Anzeichen dafür, daß aufgrund der Meßdaten eine Aktion durchzuführen ist, wird ein

Aktor AKT von der Prozessoreinheit PRE veranlaßt, eine vorgegebene Aktion durchzuführen. Der Aktor AKT weist vorzugsweise mindestens eine Elektrode auf, die direkt von der Prozessoreinheit PRE angesteuert wird.

5

Hierbei sei angemerkt, daß die Prozessoreinheit in dem System S' angeordnet ist, wie in Figur 1 anhand der gestrichelten Linie und der zugehörigen Kennzeichnung des Systems S' angedeutet ist.

10

Das System S umfaßt vorzugsweise den Meßdatenaufnehmer MDA und/oder den Aktor AKT, um jeweils einen direkten Zugriff des Meßdatenaufnehmers MDA auf die Meßdaten und des Aktors AKT auf das System zu gewährleisten.

15

Fig.2 zeigt einen anders aufgebauten Aktor AKT 2. Dieser Aktor AKT2 empfängt ebenfalls von der Prozessoreinheit PRE über die Schnittstelle 201 ein Signal, das einem Rechner R, der Teil des Aktors AKT2 ist mitteilt, daß eine vorgegebene Aktion durchgeführt werden soll. In dem Aktor AKT2 ist ferner ein Energiespeicher BT vorgesehen, der von dem Rechner R gesteuert, auf geeignete Art Energie an die Elektroden EL1 und EL2 anlegt. Dabei steuert der Rechner R des Aktors AKT2 die Schnittstelle IF, um vorzugsweise Amplitude und Frequenz der an die Elektroden EL1 und EL2 angelegten Energie zu bestimmen.

30 In Fig.3 sind Schritte des von der Prozessoreinheit PRE durchgeführten Verfahrens dargestellt.

In einem Schritt 301 wird ein neuronales Netz NN trainiert. Hierzu sind Meßdaten von geeignetem Umfang vorgegeben, um 35 nach Abschluß des Trainings eine Aussage darüber machen zu können, ob neue Meßdaten eine Abnormalität des Systems anzeigen. In einem Schritt 302 wird nach Abschluß des

Trainings anhand aktueller Meßdaten ein Informationsfluß (siehe [1] oder [2]) ausgewertet. Anhand dieses Informationsflusses kann eine Abnormalität des Systems vor Eintreten dieser Abnormalität angezeigt werden. In einem 5 Schritt 303 wird die Abnormalität vorhergesagt, in einem Schritt 304 eine Aktion durchgeführt, die einem Eintreten der Abnormalität entgegenwirkt. Daraufhin wird vorzugsweise zu dem Schritt 302 gesprungen.

10

Es folgen zwei Anwendungsbeispiele, die Möglichkeiten einer Vorhersage einer Abnormalität veranschaulichen.

**Anwendung 1: Elektrokardiogramm (EKG) - Daten:**

15

Eine Anwendung bezieht sich auf die mögliche Vorhersage eines fibrillierenden Herzens. Die Abnormalität besteht darin, daß das Herz nahezu chaotisch schlägt.

20

Erfindungsgemäß werden EKG-Meßdaten verwendet, um die Dynamik eines Herzens eines Patienten zu erlernen (Trainingsphase des neuronalen Netzes NN). Dabei ist zu bemerken, daß die Dynamik des Herzens in sehr starkem Maß variiert, abhängig beispielsweise von der Tageszeit und von der Art der 25 Tätigkeit, die eine Person gerade durchführt. Dennoch sollen unveränderliche Größen (Vorhersagegröße), die trotz starker Veränderung die Dynamik des Herzens der Person signifikant beschreiben, bestimmt werden. Eine Veränderung der Vorhersagegröße ermöglicht die Vorhersage einer Abnormalität 30 des Herzens. Bei Erkennung der Abnormalität wird ein Kontrollmechanismus in Gang gesetzt, der den normalen Herzrhythmus wiederherstellt.

Die Vorhersagegröße stellt eine Abbildung einer plötzlichen 35 Variation der Komplexität der Dynamik dar, und der Aktor ist in Form einer Elektrode realisiert, die kleine elektrische Impulse dem Herz zuführt.

**Anwendung 2: Elektroenzephalogramm (EEG) - Daten:**

Ein anderes dynamisches System ist das Gehirn, vorzugsweise  
5 das menschliche Gehirn. Geht man davon aus, daß EEG-Meßdaten  
Gehirnaktivität repräsentieren, ist es eine Aufgabe, die  
Signale geeignet zu interpretieren und gegebenenfalls  
vorgegebene Maßnahmen daran zu knüpfen. So ist ein  
10 epileptischer Anfall charakterisiert durch ein synchrones  
Feuern einer Gruppe von Neuronen, die um einen Mittelpunkt  
zentriert angeordnet sind. Diese Synchronizität reduziert die  
Komplexität der Dynamik des Gehirns und wird durch EEG-  
Meßdaten angezeigt. Im Gegensatz dazu stellt der  
15 Normalzustand, also das normal arbeitende Gehirn, einen  
Zustand aus unregelmäßig feuernden Neuronen dar.

Die Früherkennung eines epileptischen Anfalls wird möglich  
durch Feststellung einer fortgesetzte Vereinfachung der  
Dynamik des Gehirns. Der Aktor zur Wiederherstellung des  
20 Normalzustandes hat die Aufgabe, dieser Synchronizität, die  
offensichtlich für den epileptischen Anfall verantwortlich  
ist, entgegenzuwirken. Dies geschieht vorzugsweise durch  
Anlegen eines Feldes, wie unten noch vertieft wird.

Nachfolgend wird das zweite Anwendungsbeispiel zur Vermeidung  
eines epileptischen Anfalls für weitergehende Ausführungen  
aufgegriffen.

**Die dynamische Vorhersagegröße**

30 Die Idee besteht in der Erweiterung der statistischen  
Annäherung gemäß [2] zur Detektion eines Markov-Charakters,  
der einer gegebenen empirischen Zeitreihe innewohnt. Es ist  
ein Ziel, einen deterministischen Anteil von einem  
35 stochastischen Anteil eines dynamischen Systems im Umfeld der  
statistischen Testtheorie zu trennen, indem der  
Informationsfluß des Systems analysiert wird. Die

statistische Entwicklung der Dynamik wird getestet gegen eine Hierarchie von Null-Hypothesen, die nichtlinearen Markov-Prozessen mit wachsender Ordnung  $n$  entsprechen. Diese Prozesse werden unterteilt in einen deterministischen Anteil 5 und einen stochastischen Anteil auf folgende Weise:

$$x_t = f(x_{t-1}, \dots, x_{t-n}) + u \quad (1),$$

wobei  $u$  ein additives, nach Gauß verteiltes, Rauschen mit der 10 Varianz  $\sigma^2$ ,  $x_t$  ein Meßdatum zur Zeit  $t$  und  $f(\dots)$  einen deterministischen Anteil bezeichnen.

Der Markov-Prozeß mit der Ordnung  $n$  wird definiert durch dessen bedingte Wahrscheinlichkeitsdichten 15

$$p(x_t | x_{t-1}, \dots, x_{t-n}) \propto \exp\left(-\frac{[x_t - f(x_{t-1}, \dots, x_{t-n})]^2}{2\sigma^2}\right) \quad (2).$$

Der deterministische Anteil wird implementiert durch ein neuronalen Netzwerks NN, das gemäß dem Maximum-Likelihood-20 Prinzip [4] angewandt auf die Wahrscheinlichkeitsdichten gemäß Gleichung (2) trainiert wird. Der stochastische Anteil  $u$  wird beschrieben durch nach Gauß verteiltes Rauschen, wobei die Varianz  $\sigma^2$  bezogen ist auf einen festgelegten mittleren 25 letzten quadratischen Fehler. In anderen Worten, die Null-Hypothesen beinhalten nicht nur die Ordnung des Markov-Prozesses, sondern auch eine tatsächliche deterministische Struktur. Somit, für den Fall daß ein chaotischer Zustand vorliegt, ist die Ordnung der akzeptierten Null-Hypothese die EED (engl.: Effective Embedding Dimension). Dieser Ansatz 30 eröffnet eine Methode zur Bestimmung der EED, während parallel dazu temporäre Meßdaten modelliert werden.

Weiterhin erlaubt dieser Ansatz eine strenge Erweiterung des Konzeptes der ED (engl.: Embedding) für den Fall, daß ein 35 chaotischer Zustand vorherrscht. Die ausdrückliche Bestimmung

des deterministischen Anteils ist eine Methode zum Filtern des Rauschens aus der Zeitreihe an.

Die Null-Hypothese wird implementiert durch ein Verfahren 5 beschrieben in [2].

Wie aus [1] und [2] bekannt ist, wird ein Informationsfluß, also ein nichtparametrisches Maß einer vorhersagbaren Entwicklung, benutzt als eine diskriminierende Statistik.

10 Somit wird für jeden vorherzusagenden Zeitpunkt, ein Signifikanztest durchgeführt, wobei die Null-Hypothese (also eine vorgegebene Annahme, die zu überprüfen ist) nur dann akzeptiert wird, wenn der Signifikanztest für alle Größen des vorherzusagenden Zeitpunkts erfüllt wird.

15

#### **Analyse menschlicher Epilepsieanfälle**

Wie oben beschrieben, stellt eine Anwendung der Erfindung die Analyse von EEG-Meßdaten dar, um einem epileptischen Anfall 20 vorzubeugen. Dabei ist es ein Ziel, zu testen, ob eine dynamische Klassifizierung der Meßdaten für Zeitfenster unterschiedlicher Größe als Vorhersagegrößen benutzt werden können, um einen epileptischen Anfall vorherzusagen. Im besonderen werden zwei Vorhersagegrößen angeführt:

- a) Die "Erinnerung" der zugrundeliegenden Dynamik, also die EED (siehe obige Ausführungen);
- b) ein nichtparametrisches Maß für eine Vorhersagbarkeit, 30 definiert durch die Integration des Informationsflusses.

Der hier vorgestellte Ansatz setzt nicht voraus, daß die zugrundeliegende Dynamik chaotisch ist (auch wenn sie es sein 35 könnte), sondern legt vielmehr den Schwerpunkt auf einen Zeitraum vor den epileptischen Anfall, um eine auf der

Dynamik des Systems basierende Vorhersagegröße für den epileptischen Anfall zu bestimmen.

#### **Kontrolle des epileptischen Anfalls**

5

Ein epileptischer Anfall kann unterdrückt werden, indem ein konstantes elektrisches Feld den Regionen zugeführt wird, die von dem epileptischen Anfall betroffen sind (siehe [5]).

10 Gemäß einer Annahme, daß der Normalzustand des Gehirns von chaotischer Dynamik geprägt ist, drückt sich ein epileptischer Anfall durch eine drastische Vereinfachung der Dynamik im Gehirn aus. Dem epileptischen Anfall wird begegnet, indem der Reduktion der Dynamik, also der  
15 Synchronizität, wie oben beschrieben, entgegengewirkt wird, indem dem System, hier dem Gehirn, ein Rauschen zugeführt wird.

20 Die Zuführung dieses Rauschens, wird vorzugsweise durch Anlegen eines elektrischen Feldes oder eines magnetischen Feldes in der direkten Umgebung (möglichst nahe) des Ortes des Geschehens erzeugt. Dazu werden vorzugsweise Elektroden zur Erzeugung eines elektrischen Feldes oder Spulen zur Erzeugung eines magnetischen Feldes verwendet. Durch das  
25 elektrische und/oder magnetische Feld werden die beim epileptischen Anfall synchron feuernden Neuronen in deren Synchronizität gestört, es stellt sich wieder ein (scheinbares) chaotisches Feuern der Neuronen im Gehirn ein, der epileptische Anfall ist somit abgewandt.

30

35 Es spielt also prinzipiell eine Rolle, daß auf ein abnormales Verhalten eines dynamischen Systems, wobei das abnormale Verhalten mittels einer Vorhersagegröße detektiert wird, geeignet reagiert wird. Diese Reaktion besteht, je nach Anwendungsgebiet, z.B. in der Erzeugung eines chaotischen oder in der Erzeugung eines regelmäßigen Feldes. Diese

Aktion, die von dem Aktor durchgeführt wird, hängt von dem jeweiligen Anwendungsgebiet ab. Gemeinsam ist den verschiedenen Varianten des Verfahrens jeweils ein dynamisches Lernen, bei dem eine signifikante Abnormalität einer Vorhersagegröße zugeordnet wird und diese Vorhersagegröße eine Detektion einer sich anbahnenden Abnormalität ermöglicht. Dabei ist es zweckmäßig, innerhalb einer vorgegebenen Zeitdauer vor Eintreten der Abnormalität (des epileptischen Anfalls oder des chaotisch schlagendes Herzens) eine geeignete Aktion mittels eines Aktors durchzuführen. Die Vorhersagegröße ermöglicht also die Erkennung einer Abnormalität, bevor diese wirklich eintritt.

Da sich das gesamte System über einen längeren Zeitraum im Hinblick auf seine dynamisch normale Eigenschaft ändert, ist eine Adaption des ursprünglich gelernten dynamischen Systems zweckmäßig. Wichtig ist es, die Vorhersagegröße zu bestimmen, indem die eine Abnormalität signifikant kennzeichnenden Daten aus dem gesamten dynamischen System in der Vorhersagegröße abgebildet werden. Somit kann auch bei einem starken Schwankungen unterliegenden dynamischen System, z.B. ein Herz, das unterschiedlichsten Belastungen ausgesetzt ist, wobei nicht notwendigerweise eine dieser Belastungen auf eine Abnormalität hinweist, eine Vorhersage der Abnormalität erfolgen.

Im Rahmen dieses Dokuments wurden folgende Veröffentlichungen zitiert:

- [1] G. Deco, C. Schittenkopf und B. Schürmann: "Determining the information flow of dynamical systems from continuous probability distributions", Phys. Rev. Lett. 78, Seiten 2345-2348, 1997.
- [2] C. Schittenkopf und G. Deco: "Testing non-linear Markovian hypotheses in dynamical systems", Physica D104, Seiten 61-74, 1997.
- 10 [3] J. Herz, A. Krogh, R. Palmer: "Introduction to the Theory of neural computation", Addison-Wesley, 1991.
- [4] G. Deco, D. Obradovic: "An Information-Theoretic Approach to Neural Computing", Springer-Verlag, 1996, Kapitel 7.2.
- 15 [5] B. Gluckmann, E. Neel, T. Netoff, W. Ditto, M. Spano, S. Schiff: "Electric field suppression of epileptiform activity in hippocampal slices", Journal of Neurophysiology 76, Seiten 4202-4205, 1996.

Patentansprüche

1. Anordnung zur Vorhersage einer Abnormalität eines Systems und zur Durchführung einer der Abnormalität entgegenwirkenden Aktion,
  - 5 a) bei der ein Meßdatenaufnehmer vorgesehen ist, der Meßdaten des Systems aufnimmt,
  - b) mit einer Prozessoreinheit, die derart eingerichtet ist, daß folgende Schritte durchgeführt werden:
    - 10 (1) anhand der Meßdaten wird ein neuronales Netz trainiert;
    - (2) der Informationsfluß des Systems wird verwendet, um die Vorhersage über zu erwartende Meßdaten zu treffen;
    - (3) zeigt die Vorhersage an, daß die Abnormalität des Systems zu erwarten ist, so wird die Aktion durchgeführt;
  - 15 c) bei der ein Aktor vorgesehen ist, der die Aktion ausführt.
- 20 2. Anordnung nach Anspruch 1,  
bei der die Schritte (2) und (3) der Prozessoreinheit eine Endlosschleife bilden.
3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2,  
bei der die vorgegebene Abnormalität ein Informationsfluß von einer Dynamik unterhalb einer vorgegebenen Schranke ist.
- 30 4. Anordnung nach Anspruch 3,  
bei der die Aktion darin besteht, ein Rauschen dem System zuzuführen.
5. Anordnung nach Anspruch 4,  
35 bei der das Rauschen anhand eines entsprechenden elektrischen Feldes zugeführt wird.

6. Anordnung nach Anspruch 5,  
bei der das elektrische Feld anhand mindestens einer Elektrode dem System zugeführt wird.
- 5 7. Anordnung nach einem der Ansprüche 4 bis 6,  
bei der das Rauschen anhand eines entsprechenden magnetischen Feldes zugeführt wird.
- 10 8. Anordnung nach Anspruch 7,  
bei der das magnetische Feld anhand mindestens einer Elektrode dem System zugeführt wird.
- 15 9. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2,  
bei der die vorgegebene Abnormalität ein Informationsfluß von einer Dynamik oberhalb einer vorgegebenen Schranke ist.
- 20 10. Anordnung nach Anspruch 9,  
bei der die Aktion darin besteht, das System mit einem regelmäßigen Signal anzuregen.
- 25 11. Anordnung nach Anspruch 10,  
bei der das regelmäßige Signal anhand eines elektrischen Feldes dem System zugeführt wird.
12. Anordnung nach Anspruch 11,  
bei der das elektrische Feld anhand mindestens einer Elektrode dem System zugeführt wird.
- 30 13. Anordnung nach Anspruch 10 bis 12,  
bei der das regelmäßige Signal anhand eines magnetischen Feldes dem System zugeführt wird.
- 35 14. Anordnung nach Anspruch 13,  
bei der das magnetische Feld anhand mindestens einer Elektrode dem System zugeführt wird.

Zusammenfassung

Anordnung zur Vorhersage einer Abnormalität eines Systems und zur Durchführung einer der Abnormalität entgegenwirkenden

## 5 Aktion

Es wird eine Anordnung vorgestellt, die eine Vorhersage einer Abnormalität ermöglicht und eine geeignete, der Abnormalität entgegenwirkende, Aktion durchführt. Dabei wird ein einem

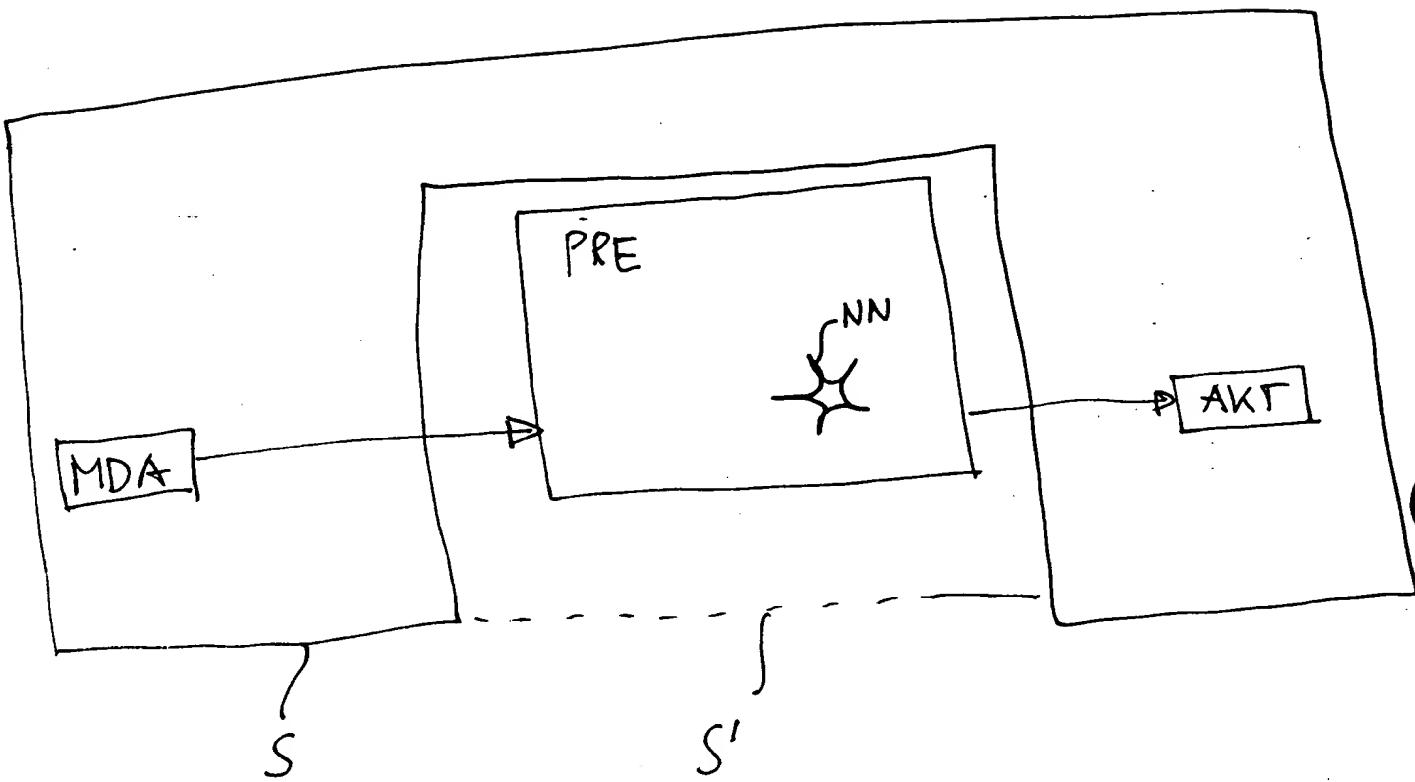
10 dynamischen System zugrundeliegender Informationsfluß ausgewertet, und daraus eine Vorhersagegröße, die die Abnormalität als kennzeichnende Größe des dynamischen Systems umfaßt, bestimmt. Mittels Meßdaten des Systems wird ein

15 neuronales Netz trainiert. Nach dem Training kann anhand der Vorhersagegröße die Abnormalität vor ihrem Eintreten angezeigt und mittels geeigneter Maßnahmen dem Eintreten

entgegengewirkt werden.

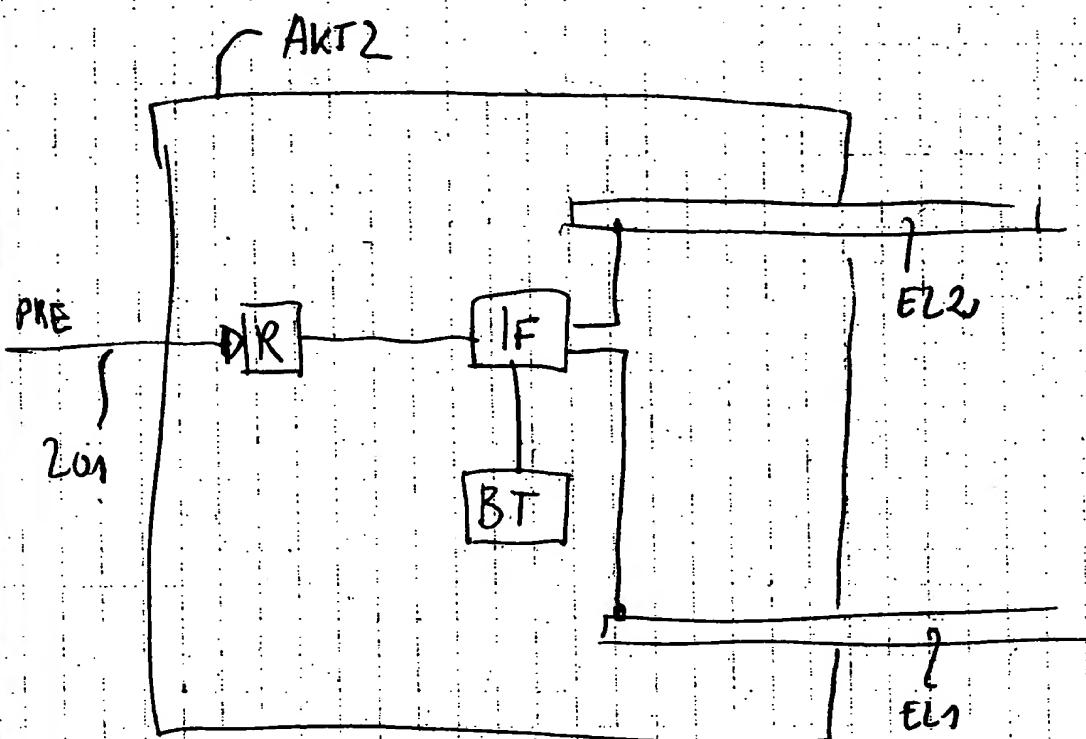
SR 97P 8121

FIG 1



8116

FIG 2



8116

SR 97P 8121

FIG 3

